

E5505

③

MENU

SEARCH

INDEX

DETAIL

1/1



JAPANESE PATENT OFFICE

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number: 06137847

(43)Date of publication of application: 20.05.1994

(51)Int.Cl.

G01B 11/30

G01B 11/24

G02B 27/56

G02B 27/58

// G01B 7/34

G01B 21/30

(21)Application number: 04286046

(71)Applicant:

SENRI OYO KEISOKU KENKYUSHO:KK

(22)Date of filing: 23.10.1992

(72)Inventor:

KAWADA SATOSHI

INOUE KOJI

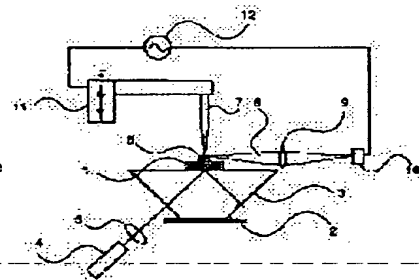
SUGIURA TADAO

(54) SCANNING OPTICAL MICROSCOPE DEVICE

(57)Abstract:

**PURPOSE:** To measure the micro-structure of a specimen by illuminating with an optical system from the rear of the specimen, scanning two-dimensionally or three-dimensionally, collecting scattered light from the top of a needle probe located near the surface, and detecting scattered light intensity at each point.

**CONSTITUTION:** A specimen 1 is placed on a prism 3 with a refractive index equal roughly to that of the specimen which is located on an XYZ minute drive scanning stage 2. A light from a light source 4 is made incident on the specimen 1 on the prism 3 through a condenser lens 5. An evanescent light 6 is generated by micro-structure of the specimen 1 near the surface of the specimen 1, and interacts with a top sharp probe 7 and is transformed into propagation light to give scattered light 8. The scattered light 8 is collected by a condenser lens 9, and detected by a photoelectric detector 10. Thus, the specimen 1 is scanned three-dimensionally to measure the three-dimensional micro-structure of the specimen 1.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 22.10.1999  
[Date of sending the examiner's decision of rejection]  
[Kind of final disposal of application other than the  
examiner's decision of rejection or application converted  
registration]  
[Date of final disposal for application]  
[Patent number]  
[Date of registration]  
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]  
[Date of requesting appeal against examiner's decision of  
rejection]  
[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998 Japanese Patent Office

[MENU](#)

[SEARCH](#)

[INDEX](#)

[DETAIL](#)

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-137847

(43)公開日 平成6年(1994)5月20日

| (51)Int.Cl. <sup>5</sup> | 識別記号    | 庁内整理番号  | F I | 技術表示箇所 |
|--------------------------|---------|---------|-----|--------|
| G 0 1 B 11/30            | 1 0 2 Z | 9108-2F |     |        |
| 11/24                    | Z       | 9108-2F |     |        |
| G 0 2 B 27/56            |         | 9120-2K |     |        |
| 27/58                    |         | 9120-2K |     |        |
| // G 0 1 B 7/34          | Z       | 9106-2F |     |        |

審査請求 未請求 請求項の数4(全5頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平4-286046

(22)出願日 平成4年(1992)10月23日

(71)出願人 591158069

有限会社千里応用計測研究所  
大阪府大阪市北区中津6丁目8番35号

(72)発明者 河田 聡

大阪府箕面市箕面4丁目1番18号

(72)発明者 井上 康志

兵庫県宝塚市仁川高丸1丁目12番6号

(72)発明者 杉浦 忠男

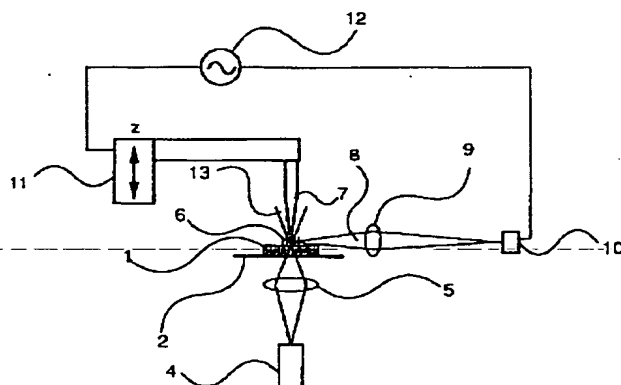
大阪府大阪市東淀川区下新庄6丁目13番17  
-303号

(54)【発明の名称】 走査型光学顕微装置

(57)【要約】

【目的】波長による光の回折限界を超えた分解能を有する光学顕微鏡を実現する。

【構成】試料の微細構造により生じたエバネッセント光の場に先端の鋭いプローブを挿入し、エバネッセント光とプローブ間の相互作用により生じた散乱光を検出することで試料の微細構造を計測することを特徴とする。



**【特許請求の範囲】**

**【請求項1】** 針状のプローブを被試験試料表面近傍で2次元あるいは3次元に走査し、試料面上近傍に光によって形成される光の場と、本プローブとの相互作用を光電検出することによって、被試験試料の表面形状を測定する走査型光学顕微装置において、前記試料とその上の媒体との屈折率で決まる臨界角より大きな入射角で試料裏面より試料を照射する照明光学系と、前記試料を2次元ないし3次元に走査する走査機構と、前記試料表面近傍に配置した針状のプローブと、前記プローブ先端からの散乱光を集光する集光光学系とを有することを特徴とする走査型光学顕微装置。

**【請求項2】** 前記プローブは、前記試料表面に対し垂直方向に振動するアクチュエータに支持されており、このアクチュエータをある周波数で振動させ、この振動に同期した光電検出力信号のみを検出する請求項1記載の走査型光学顕微装置。

**【請求項3】** 前記照明光学系は、前記試料を試料表面の上方あるいは下方より照射する照明光学系である請求項1または2記載の走査型光学顕微装置。

**【請求項4】** 前記照明光学系はあるいは前記集光光学系内に、分散素子あるいは分光装置を含む請求項1、2ないし3のいずれかに記載の走査型光学顕微装置。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

**【産業上の利用分野】** 本発明は、サブマイクロメートルを超える高い空間分解能で試料の微細構造を計測する走査型光学顕微装置に関するものである。

**【0002】**

**【従来の技術、およびその問題点】** 最近の微細加工技術の発展とともに、サブナノメートルの分解能で試料構造の観察や物質同定を行いたいという要求が多くなっている。これらの要求に応えるために、電子顕微鏡、走査型トンネル顕微鏡などが開発されてきている。これらの顕微鏡はサブナノメートルを超える非常に高い分解能をもつが、試料を真空中に入れなければならない、測定対象が限られる、試料へのダメージが大きい、物質同定が行えないなどの問題点も有している。

**【0003】** 試料の微細構造を自然環境下で、非破壊・非接触に観察する手法としては、古くから光学顕微鏡が用いられてきている。光学顕微鏡を用いて試料の透過率スペクトルや反射率スペクトルを測定すれば、微小領域の物質同定も行える。しかしながら、従来の光学顕微鏡の分解能は、光の回折限界によって決まってしまうので、高々数100nmの分解能しか得られず、サブマイクロメートルを超える微小領域を通常の光学顕微鏡で観察することはできない。

**【0004】** 回折限界を超える分解能を持つ光学顕微鏡を、微小開口を用いることによって実現することができ

る。O'Keefeによって提案された(J. A. O'Keefe: J. Opt. Soc. Am. Vol. 46, 359, 1955)ニアフィールド走査光学顕微鏡では、波長より小さな径の微小開口を試料から開口径程度の距離に置き、その微小開口を通して試料を照明し、試料からの光をすべて集光する。この微小開口を試料の面内方向に走査し、試料の二次元像を得る。このニアフィールド走査光学顕微鏡では、試料に入射する光のスポット径は開口径によって決まるので、分解能は波長でなく開口径で決まる。従って、十分小さな径の開口を用いれば、サブマイクロメートルを超える分解能を実現できる。

**【0005】** ニアフィールド走査光学顕微鏡は、微小開口を通して試料を照明、観察する方法だけでなく、試料構造によって回折された光を微小開口を通して検出する方法によっても実現できる。この方法によって回折限界を超える分解能が実現できる理由は次のように説明できる。光が物質に照射されると、物質の構造により伝播光とエバネッセント光を生じる。伝播光は波長より大きな構造によって回折されて生じた回折光であり、エバネッセント光は波長より小さな構造によって散乱されて生じる散乱光である。このエバネッセント光は空間内を伝播することができず、試料表面付近のみに存在する。微小開口を試料表面に近付けエバネッセント光を微小開口と結合させ、何らかの方法で本エバネッセント光を伝播光に変換すれば、試料の微細構造を測定できる。

**【0006】** 実際のニアフィールド走査光学顕微鏡では、微小開口を実現する方法として、光ファイバーやガラスピペットの先端を尖らせ、先端部以外に金属薄膜を蒸着して微小開口を形成したプローブを用いる。このプローブを通して試料からの光を集光し、試料形状を測定する。あるいはプローブにより試料を照明して、形状測定を行う。

**【0007】** このニアフィールド走査光学顕微鏡の問題点としては、低感度、低SN比があげられる。これは、以下のために起こる。プローブ先端の開口径は波長に比べ十分小さくしなければならない。このとき、プローブ内では光を導くために波長以下の径しかない領域が存在する。この領域内を光が伝播することはできないため、その光は散乱してしまい周囲に伝播光が漏れるたり、あるいは、プローブ周囲から光が進入することが起こる。そのため、高SN比で形状計測することが非常に困難である。さらに、プローブが先端の尖点から徐々に太くなることにより、試料表面に生成されるエバネッセント光の場を乱してしまい、その乱された場も信号として検出されるため、試料構造を正しく測定することができない可能性がある。

**【0008】**

**【発明が解決しようとする課題】** 本発明では、十分に細いプローブ内に光を伝播させることに生じる散乱光の放

射及び外部光の侵入の影響をなくし、さらに、試料表面のエバネッセント光の場の乱れを最小限に抑えることによって、試料の微細構造を高SN比、高感度で測定する走査型光学顕微装置を実現することを課題とする。

#### 【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は、針状のプローブを被試験試料表面近傍で2次元あるいは3次元に走査し、試料面上近傍に光によって形成される光の場と、本プローブとの相互作用を光電検出することによって、被試験試料の表面形状を測定する走査型光学顕微装置において、試料を照明する照明光学系と、試料表面近傍に配置した針状のプローブと、プローブ先端からの散乱光を集光する集光光学系を持つことを特徴とする。

#### 【0010】

【作用】本発明は、試料の微細構造により生じたエバネッセント光の場に、導電性を有する金属針等の先端の鋭いプローブを挿入し、エバネッセント光と本プローブ間の相互作用により生じる散乱光を検出し、試料を3次元走査して試料の微細構造を計測し、試料の局所的な分光分析も行える装置に関するものである。

【0011】試料に光が入射すると、試料の微細構造により入射光が回折され試料面内あるいは試料の近傍にエバネッセント光が生じる(E. Wolf and M. N. Vesperinas: J. Opt. Soc. Am. A Vol. 2, 886-890, 1985)。このエバネッセント光は光の伝播条件を満たさないで、試料から離れるに従い指数関数的にその場は減少する。つまりエバネッセント光は試料表面近傍にしか存在しない。エバネッセント光は試料の微細構造によって形成されるので、微細な構造に関する情報を有している。このエバネッセント光のみを検出すれば、試料の微細構造を計測することができる。

【0012】本発明では、微細な構造情報を有するエバネッセント光を、その存在する領域に先端の鋭い針状プローブを挿入し、プローブ先端の微細構造とエバネッセント光とを相互作用させ、前記相互作用によって発生する伝播できる散乱光を検出することによって微細構造計測を行う。試料を3次元的に走査し、各点における散乱光強度を検出することで、試料の3次元の微細構造を計測する。

【0013】実際の計測では、散乱光強度が一定になるように試料あるいはプローブを走査しその走査量から試料の3次元形状を得る。また、エバネッセント光は試料からの距離に対し指数関数的に減少するので、試料面内を2次元的に走査し各点における散乱光強度を測定し、測定された散乱光強度から3次元形状を得ることも可能である。

【0014】本発明における試料の照明系は、試料が透明な場合には全反射光学系あるいは透過光学系、試料が不透明な場合には反射光学系で構成される。

【0015】全反射光学系では、試料の屈折率で決まる臨界角より大きな角度で照明光を入射し、試料の表面にエバネッセント光を発生させ、このエバネッセント光を前記プローブによって散乱光に変換し、検出する。この光学系では全反射の条件が満たされ、透過光による散乱光が生じることなく、高いSN比での測定を行うことができる。

【0016】全反射光学系を用いて凹凸が著しい材料を測定する場合や、透過照明系、反射照明系を用いる場合においては、試料の微細構造により生じたエバネッセント光成分以外にも、試料の低い空間周波数成分により回折された伝播光成分が生じる。この伝播光と前記プローブとの相互作用による比較的強い強度の散乱光によって、SN比が低下してしまう。しかし、エバネッセント光による散乱光強度は試料からの距離に対し指数関数的に減少するのに対し、伝播光による散乱光は変化しないために、プローブと試料間の距離を微小に変化させ、この微小変化に同調して変調された散乱光成分のみを検出することにより、エバネッセント光による散乱光のみを検出できる。本方法によって、伝播光成分を除去し高SN比での試料の微細構造測定ができる。

【0017】本発明では、試料を照明する光の波長を変化させ、各波長での散乱光強度を計ることにより、分光分析が可能である。これにより、試料の微細構造だけでなく、微小領域における物質を同定が可能となる。

【0018】本発明は蛍光分析に応用することも可能である。

【0019】プローブの材料としては、金属、誘電体等光を散乱する物質であれば何でもよい。本発明での面内方向の分解能は先端の曲率半径により決定されるので、先端の曲率半径を可能な限り小さく加工できる材料がプローブに適している。金属は先端の曲率半径を非常に小さくでき、かつ散乱効率が大きいので、本発明のプローブとして適している。

#### 【0020】

【実施例】第1図は本発明の実施例の一光学系を示している。試料(1)は、XYZ微駆動走査ステージ(2)上の、試料とほぼ等しい屈折率を持ったプリズム(3)の上面に載置されている。光源(4)からの光は、コンデンサーレンズ(5)によりプリズム(3)上の試料に入射する。試料(1)の試料近傍で試料の微細構造によるエバネッセント光(6)が生成される。このエバネッセント光(6)は先端の鋭いプローブ(7)と相互作用し、伝播光に変換され散乱光(8)となる。この散乱光(8)は集光レンズ(9)により集光され、光電検出器(10)により検出される。試料(1)を3次元的に走査することで、試料の3次元微細構造が得られる。

【0021】第1図において、プローブをアクチュエータ(11)を変調器(12)からの信号によりz方向に微小振動させる。変調器からの変調信号と同期している

散乱光のみをロックイン検出をすることで、高いS/N比が得られる。

【0022】第2図は、第1図の実施例において、試料とプローブ間の距離を変化させたときの散乱光強度の変化の一例を示している。試料とプローブ間の距離が大きくなるにしたがい、散乱光強度が指数関数的に減少していくのがわかる。すなわち、検出された光がエバネッセント光とプローブとの相互作用によって散乱された光であることを示している。

【0023】第3図に本発明の他の実施例を示す。この実施例ではXYZ微駆動走査ステージ(2)に載置された試料(1)を、で光源(4)からの照明光をコンデンサーレンズ(5)で試料下方より照明している。本光学系では、試料の微細構造により散乱されたエバネッセント光(6)と透過光(13)がプローブと相互作用をおこす。エバネッセント光(6)はプローブ(7)によって散乱され、伝播光である散乱光(8)に変換される。この散乱光は集光レンズ(9)により集光された後、光電検出器(10)により検出される。本光学系では、透過光(13)は試料の微細構造の情報を有しないため、除去する必要がある。そこで、プローブ(7)を指示しているアクチュエータ(11)を変調器(12)からの信号によりよりz方向に微小振動させ、微細構造の情報を有するエバネッセント光による散乱光(8)強度を変調する。光電検出器の出力を変調器(12)の変調信号と同期してロックイン検出をすることにより、透過光(13)による散乱光成分を除去する。さらに、散乱光強度が一定になるように試料(1)を3次元走査することで、試料の3次元微細構造が得られる。

【0024】第1図及び第3図に示したそれぞれの実施例において、エバネッセント光による散乱光強度が一定になるようにして、試料とプローブ間の距離を一定に保ちながら試料面内の走査を行っているが、これは2次元XY走査ステージを用い、試料からの散乱光強度からだけでも試料の凹凸が求められる。

【0025】第4図に本発明の光学顕微装置において試料の微小領域の分光分析を行う一実施例を示す。本光学系は、第1図及び第3図に示した実施例において、スペ

クトル広がりのある光源を用いている。プローブにより変換された散乱光は分光器(15)によって分光された後、リニア光電検出器(16)によってスペクトル強度を測定する。

#### 【0026】

【発明の効果】本発明によれば、先端の鋭いプローブを試料表面近傍に近接させることにより試料の微細構造により生じたエバネッセント光を伝播光に変換し、その散乱光を検出することで光の回折限界を超えた微細構造を高S/N比で計測することが可能となる。また、分光分析法と組み合わせることにより、光の回折限界を超えた分解能で物質同定が可能となる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明における全反射型照明系を用いた一実施例を示す説明図である。

【図2】プローブと試料間の距離を変化させたときの散乱光強度の一測定結果を示している。

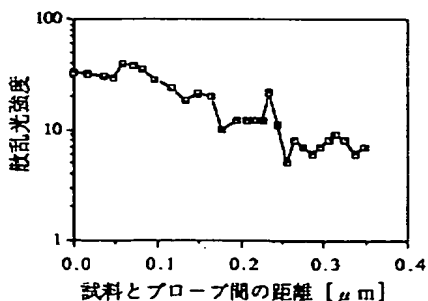
【図3】本発明における透過型照明系を用いた一実施例を示す説明図である。

【図4】本発明の光学装置を用いて微小領域における分光分析を行う一実施例を示す説明図である。

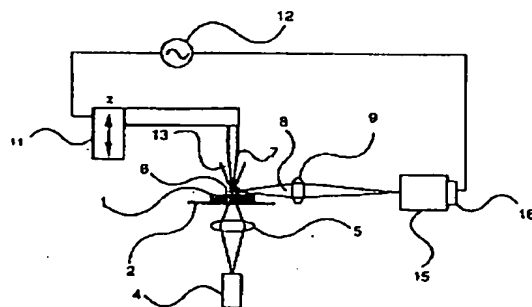
#### 【符号の説明】

- 1 試料
- 2 XYZ微駆動走査ステージ
- 3 プリズム
- 4 光源
- 5 コンデンサーレンズ
- 6 エバネッセント光
- 7 プローブ
- 8 散乱光
- 9 集光レンズ
- 10 光電検出器
- 11 アクチュエータ
- 12 変調器
- 13 透過光
- 14 反射光
- 15 分光器
- 16 リニア光電検出器

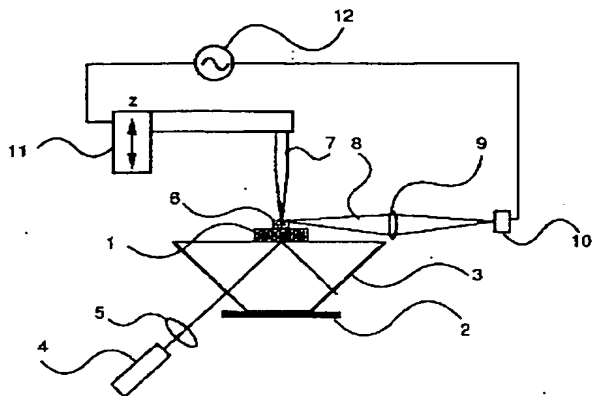
【図2】



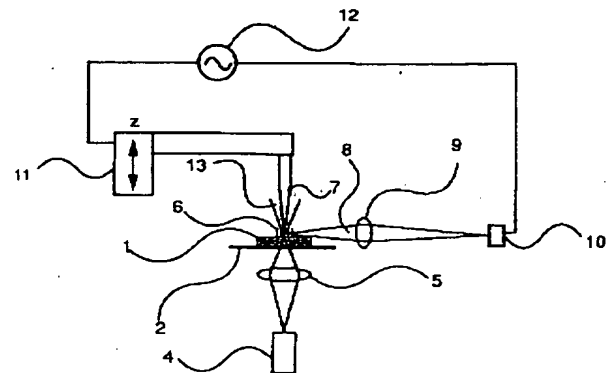
【図4】



【図1】



【図3】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. <sup>5</sup>

G 0 1 B 21/30

識別記号

庁内整理番号

Z 9106-2 F

F I

技術表示箇所

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

